
SEMENTASI LIMBAH DARI HASIL PROSES PEMISAHAN I¹³¹

Anggi Suprabawati¹⁾, Sukrido¹⁾, Zulfakhrie²⁾

¹⁾ Jurusan Kimia Fakultas MIPA Unjani

²⁾ Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknik Nuklir – BATAN

Email : Anggi.Suprabawati@staff.unjani.ac.id

ABSTRAK

Limbah masih merupakan suatu tantangan yang harus ditangani secara seksama, terutama bagi negara industri dan negara berkembang. Bahan yang dikandung limbah dapat bermacam-macam dan menentukan sifat dari limbah itu sendiri. Limbah pada pengadaan radioisotop I¹³¹ di Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknik (P3TKN) – BATAN Bandung mengandung komponen utama yaitu Tellurium, Krom dan Asam Sulfat dengan pH 1-2, sehingga kemungkinan dapat menimbulkan pencemaran.

Mengingat bahaya pencemaran lingkungan oleh limbah radioaktif cair jika tercecer dalam ruang penyimpanan, maka perlu ditetapkan metoda untuk memproses dan mengolah limbah tersebut, guna mendapatkan bentuk yang lebih kompak. Untuk itu dilaksanakan penelitian ini, terhadap limbah hasil proses pemisahan I¹³¹ dengan teknik pemadatan yaitu dengan metoda sementasi. Untuk mendapatkan kondisi pemadatan limbah yang paling baik, diuji dengan uji kuat tekan. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa kuat tekan optimum diperoleh pada perbandingan air semen (A/S) 0,4 pada volume limbah 125 ml dan mempunyai nilai kuat tekan 22,159 kg/cm². Kata Kunci : Limbah Pemisahan I 31, Nilai Kuat Tekan Optimum.

ABSTRACT

Waste is still represent an challenge which much handle with care, Especially to industrial and developing countries. Substance continued in waste is varying and determine the character of waste it self waste at levying of radioisotop of I¹³¹ in nuclear technique development and research centre (P3TKN) – BATAN Bandung Contained component that is tellurium, Sulphate acid and chrom with pH 1-2, so that possibility can generate contamination.

Considering danger contamination of environment by radioaktif waste hance require to be specified by method to process the waste so that do not generate impact to environment. This research have been done of processing of waste from result of sementation. To get the condition of condensation of best waste have conduct compressive strength test result of which obtained indicate that optimum compressive strength obtained at comparation of semen water (A/S) 0,4 at waste volume of 125 ml and have compressive strength 22,159 kg/cm².

I. PENDAHULUAN

Limbah sangat erat kaitannya dalam kehidupan sehari-hari, juga dalam kegiatan proses industri dimana limbah merupakan hasil samping yang terkadang membutuhkan penanganan khusus.

Pada operasi normal reaktor nuklir, dihasilkan produk samping yang bersifat radioaktif. Wujud zat hasil samping tersebut

ada yang berwujud padat, cair dan gas. Limbah radioaktif yang berwujud cair lebih

mudah tercecer/tumpah sehingga lebih besar kemungkinan untuk mencemari lingkungan.

Salah satu kegiatan yang menghasilkan limbah radioaktif, adalah produksi radioisotop I¹³¹. Radioisotop I131

terdapat dalam bentuk NaI¹³¹, yang diproduksi dengan menembak neutron pada bahan dasar tellurium (Te) sebagai sasaran dan menghasilkan Isotop Te¹³¹. Limbah radioaktif yang dihasilkan pada proses tersebut mengandung Te (Tellurium), Cr (Krom) dan asam sulfat dengan pH 1-2 (dalam Suasana asam).^{7,12}

Tellurium (Te) seperti halnya logam berat lainnya (Misal Hg, Pb, dan Cd) merupakan zat kimia yang bersifat toksik meskipun dalam kadar kecil. Suasana Derajat keasaman limbah Ph 1-2 dapat menyebabkan gangguan kesehatan seperti iritasi pada jaringan lunak.

1.2. IDENTIFIKASI MASALAH

Limbah radioaktif cair yang dihasilkan dari pemisahan I131 di Pusat Penelitian dan Pengembangan Tekni Nuklir (P3TkN) – BATAN merupakan limbah cair yang selama ini di tempatkan dalam wadah berupa jerigen dan ditempatkan di Gedung Pengelolaan Limbah Radioaktif (GPLR), yang menurut pengamatan sementara dikhawatirkan tercecer maupun tertumpah.

Dalam penelitian ini, dikemukakan alternatif penanganan limbah yang dapat dilakukan untuk meminimalisir limbah cair tumpah di tempat penyimpanan maupun pada saat transportasi limbah, mengingat limbah merupakan zat radioaktif sehingga memerlukan penanganan khusus (*Handle With Care*). Penanganan yang dilakukan yaitu dengan mengubah wujud limbah menjadi padat dengan teknik pencampuran menggunakan semen (Sementasi), dan penambahan kapur dilakukan untuk menetralkan pH limbah. Selanjutnya limbah dapat disimpan dengan lebih aman hingga radiasinya meluruh dan selanjutnya dapat digunakan sebagai bahan baku bangunan untuk digunakan di lingkungan P3TkN – BATAN.

1.3 TUJUAN PENELITIAN

Tujuan penelitian ini adalah diketahuinya perbandingan(komposisi) semen

dan air yang tepat, yang diukur dengan teknik kuat tekan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Peluruhan Radioaktif

Pada kondisi normal, inti atom sangat stabil dan tidak mengalami perubahan sifat-sifat kimiawi karena hanya melibatkan elektron-elektron terluar. Tahun 1986 Becquerel menemukan bahwa pelat fotografis menjadi hitam, kemudian ternyata bahwa fenomena tersebut berasal dari kegiatan pada inti atom dan fenomena tersebut terjadi pada seluruh elemen dengan nomor atom lebih dari 83. Dengan demikian, dapat dihasilkan isotop-isotop yang tidak stabil yang dikenal sebagai radionuklida dari unsur-unsur yang ada. Rutherford kemudian menunjukkan bahwa radiasi terdiri dari tiga jenis yang berbeda, yang disebut radiasi Alfa, beta dan Gamma.

Rutherford menemukan bahwa intensitas radiasi mengalami peluruhan secara eksponensial terhadap waktu yaitu :^{3,4}

$$N = N_0 \text{ Eksp} (- \delta t) \dots \dots \dots (1)$$

Dimana :

- N = Jumlah inti radioaktif setelah waktu t
- N₀ = Jumlah inti awal
- t = waktu
- δ = konstanta peluruhan radioaktif

Waktu paruh menyatakan waktu yang dibutuhkan oleh sebuah isotop untuk meluruh hingga akhirnya akan habis, dinyatakan dengan

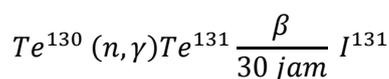
$$T_{1/2} = \ln \frac{2}{\delta} \dots \dots \dots (2)$$

Dimana :

- T_{1/2} = Waktu Paruh
- δ = Konstanta peluruhan radioaktif

2.2 Pembuatan Radioisotop I^{131} ^(4,7,12)

Radioisotop I^{131} dibuat dalam bentuk Na^{131} yang banyak digunakan dalam bidang kedokteran. Proses pembuatan I^{131} adalah dengan jalan menyinari 100 gram logam Tellurium (TeO_2) dengan fluks neutron dengan posisi lazy susan selama waktu 5 hari. Isotop Te^{130} meluruh dengan jalan pelepasan β – (negatron) menjadi radioisotop I^{131} dengan waktu paruh selama 30 jam dengan reaksi :



Kemudian dilakukan pemisahan radioisotop I^{131} dari sasaran Tellurium (Te) dengan jalan destilasi basah.

Pada labu bundar dimasukkan 28 ml H_2SO_4 50% dan larutan CrO_3 57,5 M. Kemudian dilakukan refluk selama 1,5 – 2 jam. Setelah didinginkan, lalu ditambah asam oksalat $H_2C_2O_4$ sebanyak 6,5 gram hingga larutan berwarna hijau, lalu didamkan kurang lebih 30 menit. Kemudian dilakukan destilasi, dimana pada wadah penampung destilasi telah ditambahkan 1 ml $NaOH$ 0,1 N.

2.3 Pemanfaatan Radioisotop I^{131} ⁽¹³⁾

Pemanfaatan radioisotop I^{131} terus dikembangkan pada bidang kedokteran nuklir yang disebut sediaan radiofarmaka.

Beberapa pemanfaatan radioisotop I^{131} dalam bidang kedokteran nuklir tersebut antara lain :

1. Menentukan fungsi tiroid dan kelainan-kelainan yang mungkin ada. Pemakaian sediaan radiofarmaka I^{131} adalah dengan meminumkannya kepada pasien yang didiagnosis/diterapi.
2. Mendeteksi kelainan pada jantung, ginjal dan pada kelenjar gondok dengan cara meminumkannya kepada penderita yang akan didiagnosis.

2.4 Limbah Radioaktif ^{1,8}

Limbah radioaktif adalah zat radioaktif dan atau bahan serta peralatan yang telah terkena zat radioaktif atau bahan

yang telah menjadi radioaktif karena pengoperasian instalasi nuklir atau instalasi yang memanfaatkan radiasi pengionan yang tidak dapat digunakan lagi.

Limbah radioaktif dianggap sebagai sumber utama yang potensial terhadap terjadinya pencemaran lingkungan. Dapat dikatakan bahwa limbah radioaktif tidak dapat dibuang atau dihilangkan sifat radioaktifitasnya, kita hanya bisa menunggu sampai radioaktifitasnya berkurang dengan sendirinya akibat peluruhan. Berbeda dengan limbah berbahaya non radioaktif yang dapat dikurangi sifat racunnya melalui proses kimia, fisika atau biologi.

Tujuan pengelolaan dan pengolahan limbah radioaktif antara lain untuk mengurangi volume limbah dan mengkonsentrasikan radionuklida yang terkandung dalam limbah sehingga mudah dan aman jika disimpan ke tempat penyimpanan sementara atau penyimpanan lestari.

2.5 Limbah Radioaktif di P3TKN-BATAN ^{4,8}

Bidang reaktor yang terdiri dari sub bidang operasi dan penggunaan reaktor (OPR, Sub. Bid Fisika dan teknologi reaktor (FTR)). Sub.Bid.OPR menghasilkan limbah padat (resin) dari demineralisasi air pendingin yang terkontaminasi oleh CO^{60} , Zn^{65} , Cr^{51} dengan jumlah lebih kurang 8 kg/bulan.

Bidang senyawa yang bertanda yang terdiri dari kelompok (Teknologi Produksi radioisotop (TPR), Biodinamika, dan Sintesis Senyawa Bertanda (SSB)).

1. Kelompok TPR menghasilkan limbah padat/cair yang mungkin terkontaminasi I^{131} , S^{35} , P^{32} , Cr^{51} , Br^{82} , Zn^{65} , Mo^{99} dan Te^{131} dengan jumlah padat 10 kg/bulan, cair 40 liter/bulan.
2. Kelompok Biodinamika menghasilkan limbah padat yang mungkin terkontaminasi P^{32} , Cr^{51} , C^{14} dengan jumlah 0,25 kg/bulan
3. Kelompok Sintesis Senyawa Bertanda (SSB) menghasilkan limbah padat yang mungkin terkontaminasi I^{131} , Tc^{99} , Mo^{99}

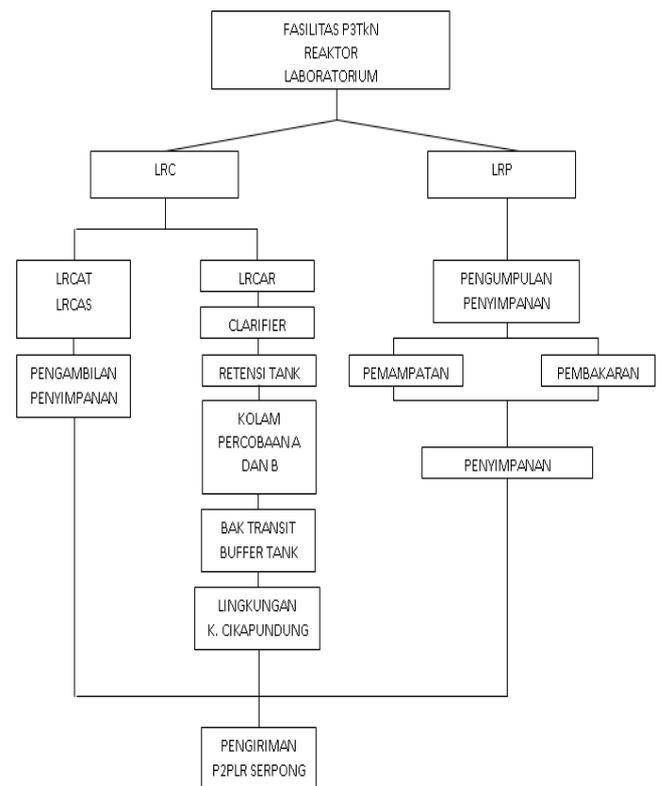
- dengan jumlah limbah padat 8 kg/bulan dan cair 5 liter/Bulan
4. Kelompok Bahan Dasar (Fisika Bahan(FB) dan Teknik penelitian bahan (TPB)) menghasilkan limbah terkontaminasi U²³⁸, U²³⁵ dengan jumlah padat 5 kg/bulan dan cair 5 liter/bulan.
 5. Kelompok Bidang Instrumentasi dan teknik analisis radiometrik (ITAR) yang terdiri dari kelompok instrumentasi dan TAR (Teknik Analisis Radiometrik), Las dan gelas, listrik dan mekanik. Kelompok TAR menghasilkan limbah padat/cair yang mungkin terkontaminasi Zn⁶⁵, Sb¹²², Sc⁴⁶, C¹⁴ dengan jumlah padat 2 kg/bulan dan limbah cair 1 liter/bulan.
 6. Kelompok Keselamatan dan kesehatan (K2) yang terdiri dari subbid proteksi radiasi dan keselamatan kerja (PRKK), Kedokteran dan kedaruratan nuklir (KKN), Pengelolaan limbah dan keselamatan lingkungan (PLKL). Subbid KKN menghasilkan limbah padat yang mungkin terkontaminasi Cr⁵¹, I¹³¹, Tc⁹⁹ dengan 0,25 kg/bulan.

Berikut beberapa langkah Pengambilan dan penyimpanan dalam pengelolaan limbah radioaktif cair (LRC) antara lain :

1. Wadah LRC yang sudah disediakan di tiap-tiap laboratorium atau ruangan diperiksa oleh petugas radiasi. LRC dibagi menjadi :
 - a. Waktu paruh panjang
 - b. Waktu paruh pendek, yang dapat diuraikan sebagai berikut :
 - LRC waktu paruh pendek aktifitas rendah
 - LRC waktu paruh pendek aktifitas tinggi
 - LRC waktu paruh pendek beracun
2. LRC diambil dari wadah penampungan limbah radioaktif yang ada di setiap laboratorium. Bila sudah terisi ¾ bagian maka akan diganti dengan wadah limbah cair yang baru.
3. Laju paparan radiasi pada permukaan wadah LRC diukur, kemudian diberi label yang bertuliskan : No, Kode, Tingkat laju

paparan radiasi, tanggal pengukuran, jenis dan asal limbah, nama petugas dan tanda radiasi.

4. LRC yang telah diambil, kemudian diangkat untuk dibawa ke gedung penyimpanan limbah cair.
5. Setelah sampai d gedung penyimpanan limbah cair, LRC diukur kembali paparan radiasinya
6. Kemudian disimpan menurut kelompok paparan radiasinya atau jenis radionuklidanya, sifat fisika dan kimia yang terkandung.



Keterangan :

- LRP :Limbah Radioaktif padat
- LRC :Limbah Radioaktif cair
- LRCAT : Limbah Radioaktif Cair Aktifitas Tinggi
- LRCAS : Limbah Radioaktif Cair Aktifitas Sedang
- LRCAR : Limbah radioaktif cair aktifitas rendah

Gambar 2.5 Diagram Alir Proses Pengelolaan Limbah di P3TKn-BATAN

2.6 Sementasi ^{1,7,8}

Sementasi merupakan metoda pengelolaan limbah radioaktif dengan pemampatan (Immobilisasi). Metoda ini merupakan tahap akhir pada sistem pengelolaan limbah sebelum dibuang ke lingkungan. Proses sementasi dilakukan dengan mencampur limbah radioaktif dengan kapur (CaO) dan semen.

Berikut ini adalah penggolongan limbah radioaktif yang mendapat perlakuan proses sementasi :

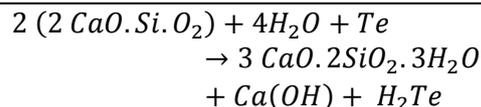
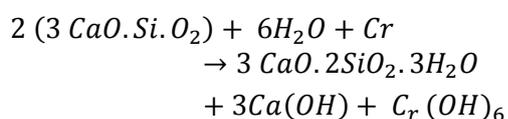
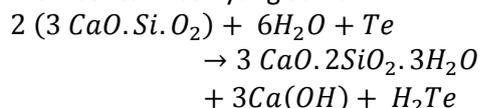
- Limbah cair aktif dengan waktu paruh tinggi
- Limbah cair aktif dengan waktu paruh sedang
- Limbah cair aktif dengan waktu paruh rendah dan konsentrasi tinggi
- Limbah padat aktif yang tidak bisa dibakar dan volumenya sudah diperkecil atau dipres.
- Abu hasil pembakaran limbah padat aktif yang bisa dibakar.

Kuat Tekan merupakan ukuran kekerasan senyawa hasil reaksi hidrasi, yang dinyatakan dalam Kg/cm². Reaksi hidrasi berlangsung pada saat semen bereaksi dengan air, dan melepaskan panas (reaksi eksoterm), yang dinyatakan dalam J/g. Semakin tinggi nilai kuat tekan maka berhubungan dengan makin kuatnya reaksi yang terjadi antara semen, air dan komponen lain yang terikat di dalamnya.

Reaksi yang terjadi adalah antara logam yang terkandung pada limbah (Te dan Cr) dengan campuran semen dan air, dengan mekanisme sebagai berikut :

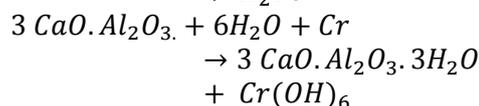
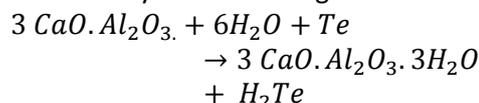
1. Kalsium Silikat (C₂S dan C₃S)

Pada Semen C₂S dan C₃S akan membentuk hasil yang sama :



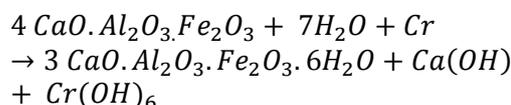
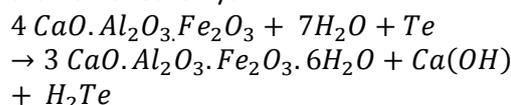
2. Kalsium Aluminat(C₃A)

Reaksi antara C₃A dengan air dan logam yang terkandung pada limbah berlangsung cepat. Reaksinya adalah sebagai berikut :



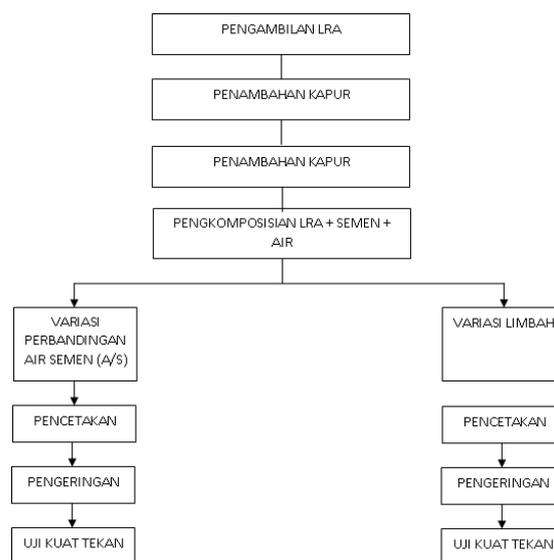
3. Kalsium aluminoforit

Mekanisme reaksinya :



III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Bagan Alir



Gambar. 3.1 Diagram kerja proses sementasi LRA

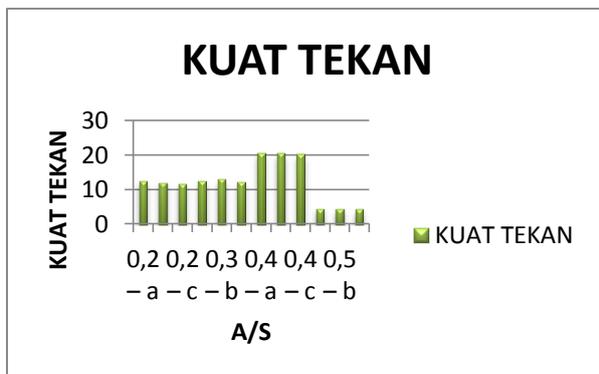
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel. A. Nilai Kuat Tekan Pada Variasi Perbandingan Air Semen (A/S)

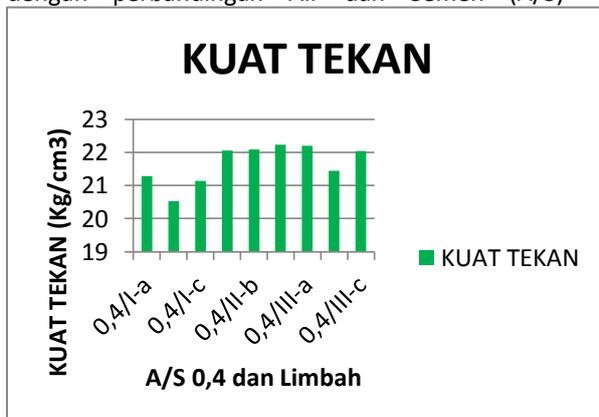
No	Nama Komposisi	Komposisi LRA (ml)	Luas Permukaan (cm ²)	Tekanan (KN)	Tekanan (Kg)	Kuat Tekan (Kg/cm ²)	Kuat Tekan Rata-rata (Kg/cm ²)	Standar Deviasi
1	0,2-a	100ml	43,332	5,262	536,75	12,387	12,030	0,358
2	0,2-b		44,776	5,281	538,660	12,030		
3	0,2-c		46,3308	5,289	539,483	11,672		
4	0,3-a	100ml	44,776	5,431	554,600	12,386	12,442	0,386
5	0,3-b		43,332	5,460	556,946	12,853		
6	0,3-c		46,2208	5,477	558,679	12,087		
7	0,4-a	100ml	44,776	9,003	918,266	20,508	20,354	0,205
8	0,4-b		43,332	8,817	899,312	20,433		
9	0,4-c		46,2208	9,118	930,035	20,122		
10	0,5-a	100ml	44,0542	1,881	191,874	4,455	4,349	0,112
11	0,5-b		44,776	1,906	194,387	4,341		
12	0,5-c		46,2208	1,917	195,557	4,231		

Tabel . B. Nilai Kuat Tekan Pada Variasi Limbah dengan A/S = 0,4

No	Nama Komposisi	Komposisi LRA (ml)	Luas Permukaan (cm ²)	Tekanan (KN)	Tekanan (Kg)	Kuat Tekan (Kg/cm ²)	Kuat Tekan Rata-rata (Kg/cm ²)	Standar Deviasi
1	0,4/I-a	100ml	44,776	9,342	952,878	21,281	20,982	0,404
2	0,4/I-b		43,332	8,718	889,259	20,522		
3	0,4/I-c		44,0542	9,132	931,438	21,143		
4	0,4/II-a	125ml	46,2208	9,997	1019,67	22,061	22,159	0,148
5	0,4/II-b		44,0542	9,539	972,981	22,086		
6	0,4/II-c		43,332	9,486	967,560	22,239		
7	0,4/III-a	150ml	43,332	9,432	962,014	22,201	21,895	0,402
8	0,4/III-b		44,776	9,412	959,978	21,440		
9	0,4/III-c		44,0542	9,521	971,157	22,045		



Gambar 4.1 Grafik perbandingan Nilai Kuat Tekan dengan perbandingan Air dan Semen (A/S)



Gambar. 4.2 Grafik perbandingan Nilai Kuat Tekan Pada Variasi Limbah dengan A/S = 0,4

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengukuran kuat tekan pada proses sementasi limbah radioaktif didapatkan nilai kuat tekan optimum untuk perbandingan Air dan semen (A/S) 0,4 dan volume LRA 100 ml adalah 20,354 kg/cm². Dari perbandingan itu / perbandingan air semen 0,4 diperoleh bahwa pada penambahan limbah 125 ml, nilai kuat tekan terbukti optimal.

5.2 Saran

Penelitian ini dapat dilanjutkan untuk mengetahui kondisi hasil sementasi dengan uji pelindian.

DAFTAR PUSTAKA

1. BAPETEN, "Pengelolaan Limbah Radioaktif", PP-RI No.27 Tahun 2000, Jakarta 2002
2. Basset,J., Denney,R., C., Jeffrey, GH Mendhom,J., "Buku Ajar Vogel", "Kimia Analitik Kuantitatif Anorganik", Edisi 4,503-506
3. Hiskia, Achmad,Drs. "Kimia Unsur dan Radiokimia", Penerbit PT.Citra Aditya Bakti, Bandung, 1992, 185-215
4. Julius, M, Tomasowa., "Pengelolaan Limbah Radioaktif di Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknik Nuklir (P3TKN)-BATAN Bandung", Laporan Kerja Praktek (KTL-490), hal 12-31
5. Lea, F, M., Desch, C, H., "The Chemistry Of Cement and Concrete", Third Edition, Edward Arnold LTD, London, 1976
6. Osmet.,Gultom., "Pengolahan Limbah Cair secara Insenerasi", Buletin Limbah Vol 6 No.1, 2001, 21-27
7. Pipin, Supriatno., Arlinah, Koesnowo., "Pengelolaan Limbah Radioaktif di PPTN", Proceeding Seminar Teknologi Reaktor dan

- Pusat Listrik Tenaga Nuklir”, Anna, Haim.,Djauhari, Umar.,Teknik PPTN-BATAN, Bandung, 1996,226-231
8. P3TKN-BATAN, “**Pengelolaan Limbah Radioaktif P3TKN**”, Bandung, 2002, 4-13
 9. Supardi., “**Penentuan Waktu Mengeras dan Kekuatan Tekan dari Berbagai Perbandingan Air Semen dan Berbagai Komposisi Limbah Simulasi**”, Proceeding Seminar Teknik Reactor dan Pusat Listrik Tenaga Nuklir”, PPTN-BATAN, Bandung, 1986, 221-225.
 - 10.Suryanto, “**Pengelolaan Limbah Radioaktif secara kompaksi**”, Bulein Limbah Vol.2 No.2, 1997, 50-53
 - 11.Usman, Sumantri., Drs, “**Teori Semen Portland**”, Bala Besar Penelitian dan Pengembangan Industri Barang Teknik, Bandung
 - 12.Wawan, Suwanda., Djaja, Sudarma, Iswandi.,Kustiwa., “**Pembuatan I¹³¹ dengan sistem destilasi kering**”, Pusat Penelitian Teknik Nuklir BATAN.
 13. Wisnu, Arya, Wardhana., “Radioekologi”, Edisi Pertama, Penerbit Andi, Yogyakarta, 1996.

BIODATA PENULIS

Anggi Suprabawati, S.Si.,M.Si adalah Calon Pegawai Dosen Jurusan Kimia Fakultas MIPA Unjani